

CARACTERIZACIÓN DE LA BRECHA TURMALINIZADA DEL "CERRO NEGRO", PROYECTO MINERO EL PUESTO, MACIZO DEL DESEADO

Carlini Mercedes^{1,2}; Moreira Pilar^{1,2}; Echeveste Horacio J.^{1,3}; Tessone Mario O.R.¹; Fernández Raúl R.^{1,3}

¹ Instituto de Recursos Minerales (INREMI), Facultad de Ciencias Naturales y Museo. UNLP. Calle 64 y 120 (CP 1900), La Plata.

E mail: mercedes.carlini@gmail.com

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET).

³ Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires (CICBA).

Resumen. El proyecto minero El Puesto es un depósito epitermal aurífero propiedad de S.J.M. S.A., ubicado en el sector sud-occidental del Macizo del Deseado, a 75 km al NE de la localidad de Gobernador Gregores, provincia de Santa Cruz. Durante la etapa inicial de mapeo se reconoció, en el cerro Negro, una brecha con fuerte alteración hidrotermal que determinó su posterior exploración. Se trata de una brecha turmalinizada polimíctica de color gris oscuro a negro con clastos de pórfido riolítico, ignimbrita rica en pómez y líticos, ignimbrita tobácea y rocas silicificadas y argilizadas, en general de tipo caótica con textura matriz sostén. En algunos sectores es monomíctica, desarrollada en la ignimbrita rica en pómez y líticos, con textura clasto sostén y con un ajuste de tipo en grietas ("crackle") y mosaico. La turmalina corresponde a la especie dravita. La intrusión de pórfidos en niveles poco profundos, habrían aportado los fluidos hidrotermales ricos en boro responsables del fracturamiento y formación de la brecha. Los valores anormales de oro registrados evidencian un tipo de mineralización que no había sido identificada previamente en depósitos epitermales del Macizo del Deseado.

Palabras claves. Brecha turmalinizada, epitermal, Macizo del Deseado.

Abstract. The El Puesto mining project is an epithermal gold deposit property of S.J.M. S.A., located in southwestern sector of Deseado Massif, 75 km NE of Gobernador Gregores town, Santa Cruz. During the initial stage of mapping, in the "cerro Negro" area was recognized a breccia with strong hydrothermal alteration. This alteration determined its further exploration. It is a dark gray to black turmalinized polymictic breccia with rhyolite porphyry clasts, pumice-lithic ignimbrite, tuff ignimbrite and silicified and argilized rocks, with matrix support texture and chaotic adjustment. In some

sectors is a pumice-lithic ignimbrite monomictic breccia with clast support texture and crackle and mosaic adjustment. It tourmaline corresponds to the dravite species. Shallow levels rhyolitic porphyry intrusion, would have provided boron rich hydrothermal fluids responsible of fracturing and breccia formation. Recorded abnormal values show a gold mineralization type had not been previously identified in Deseado Massif epithermal deposits.

Keywords. Turmalinized breccia, epithermal, Deseado Massif.

Introducción. Los minerales del grupo de la turmalina son accesorios en varios tipos de rocas y pueden proceder de distintos orígenes, están presentes en rocas metamórficas, granitoides peraluminosos y pegmatitas y como mineral detrítico en rocas sedimentarias en su carácter de resistato. Además son comunes en depósitos minerales relacionados con fluidos hidrotermales, especialmente asociado a brechas producto de fracturamiento hidráulico en las partes apicales de los cuerpos graníticos (Dini *et al.* 2008) o en "pipes" de intrusivos subvolcánicos vinculados a mineralizaciones de Cu y/o Mo (Landtwing *et al.* 2002, Frikken *et al.* 2005, Sillitoe, 2010, Dill *et al.* 2012).

La presencia de turmalina en depósitos epitermales es poco frecuente, puede aparecer como mineral minoritario en la ganga de algunos yacimientos de alta sulfuración (Yang *et al.* 2009) o epitermales asociados a ambientes de pórfidos (Le Fort *et al.* 2011, Baksheev *et al.*, 2012), en algunos casos vinculado a alteración argílica avanzada (Juliani *et al.* 2005). En el depósito epitermal Sari Gunay (Irán), Richards *et al.* (2006) describen mineralizaciones de oro asociadas a brechas y vetas de turmalina y cuarzo vinculadas a una intensa sericitización y silicificación. En depósitos epitermales del Macizo del Deseado, de sulfuración baja a intermedia, solamente se ha detectado este mineral en una brecha freatomagmática asociada a la mineralización de Manantial Espejo (Echeveste *et al.* 2010) y en una brecha hidrotermal del prospecto aurífero Alto Rico en la zona de Bajo Pobre (Pérez *et al.* 2007).

En la presente contribución se describe una notable turmalinización, que afecta las brechas que afloran en el cerro Negro del área de exploración por metales preciosos El Puesto (propiedad de S.J.M. S.A.), situada a unos 75 km al NE de la localidad de Gobernador Gregores en el sector sud-occidental del Macizo del Deseado, provincia de Santa Cruz (figura 1a). Este estudio forma parte de una investigación más amplia sobre la alteración hidrotermal y depósitos epitermales de ese prospecto, que lleva a cabo la primera autora en el marco de su tesis doctoral en la FCNyM-UNLP.

Metodología. Se realizó un mapeo geológico

detallado del área de estudio, con especial detalle en los afloramientos de la brecha del cerro Negro y se seleccionaron muestras para distintos estudios de gabinete. Las texturas de la brecha fueron examinadas en muestra de mano y con lupa binocular, así como también mediante estudios petrográficos y calcográficos que se realizaron con microscopía óptica en el Instituto de Recursos Minerales de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo de la Universidad Nacional de La Plata. Como complemento para definir el mineral específico dentro del grupo de la turmalina se efectuó un análisis mediante difracción de rayos X sobre roca total (muestra al natural seca al aire), en un difractómetro Philips PW 3710 con ánodo de cobre de esa institución.

Geología. A escala regional, de acuerdo a Panza *et al.* (1997) en el área aflora principalmente la Formación Chon Aike (Jurásico medio a superior) y en menor proporción, coladas de basaltos pliocenos de la Formación La Angelita (figura 1b). El área estudiada es una planicie levemente ondulada, en gran parte cubierta por relleno moderno con algunas prominencias entre las que destaca el cerro Negro (855 msnm).

En las partes más elevadas del cerro Negro se reconocieron brechas turmalinizadas en numerosos afloramientos de dimensiones reducidas (figura 1c), que integrados forman un semicírculo en plan-ta que abarca una superficie del orden de 3,5 hm² (figura 1c). Las laderas están cubiertas por regolito y derrubio de falda, con escasos asomos de una ignimbrita rica en pómez y litoclastos, con moderada proporción de cristales de cuarzo y plagioclasa, en ocasiones turmalinizada (no mostrados en la figura 1 por razones de escala).

Las rocas jurásicas que rodean al cerro Negro son: brecha piroclástica, ignimbrita tobácea, pórfido riolítico y conglomerados (figura 1b). La ausencia de contacto entre estas unidades no permite definir sus relaciones estratigráficas, con excepción del conglomerado que suprayace a la ignimbrita tobácea. La brecha piroclástica aflora en el cerro Cónico (figura 1b) y está compuesta por fragmentos pumíceos de hasta 2 cm, cristaloclastos de cuarzo de hasta 0,7 cm y escasos líticos inmersos en una matriz rica en ceniza. La ignimbrita tobácea contiene cristaloclastos de cuarzo y feldespato potásico de hasta 2 mm y pequeños litoclastos de rocas volcánicas afaníticas (hasta 3 mm), inmersos en una matriz vitroclástica de grano fino. El pórfido riolítico, expuesto principalmente al SE del cerro Negro (figura 1b), es rico en cristales de cuarzo y plagioclasas euhedrales a subhedrales en una pasta microcristalina en la que se distinguen tabillas de plagioclasas no orientadas y minerales opacos; presenta una moderada a intensa argilización (illita e interestratificados illita-esmectita) y silicificación con abundantes vetillas de cuarzo y

adularia de forma rómbica. Se reconoció además pirita oxidada diseminada. El conglomerado es oligomítico y se dispone en un banco subhorizontal de 1,5 m de espesor con marcada estratificación y textura matriz sostén; los clastos son subsobredondeados y corresponden a lavas e ignimbritas ácidas de hasta 10 cm.

Brecha turmalinizada. La brecha del cerro Negro es polimítica y en general matriz-sostén de tipo caótica (sensu Mort y Woodcock 2008, figura 1d). Los fragmentos son de la ignimbrita tobácea, de la ignimbrita rica en pómez y líticos, de una roca porfírica con fenocristales pequeños de cuarzo, feldespato y biotita alterados y de rocas intensamente argilizadas y/o silicificadas cuya composición no puede establecerse. Son sub-redondeados y en menor proporción sub-angulosos y alcanzan hasta 10 centímetros. La matriz está compuesta por fragmentos de igual composición sub-angulosos a angulosos de pocos milímetros, cementados por un material con color gris oscuro a negro. En algunos sectores, esta brecha está en contacto neto, en ocasiones transicional, con una brecha monomítica compuesta por clastos de la ignimbrita rica en pómez y líticos con textura clasto sostén con un ajuste de tipo en grietas ("crackle", figura 1e) y mosaico (Mort y Woodcock, 2008).

Esta brecha está afectada por una intensa turmalinización que reemplaza gran parte de la matriz y parcialmente los fragmentos (figura 1f), en algunos casos formando sólo un reborde de unos 5 mm de espesor; al microscopio la turmalina se presenta como un agregado de grano muy fino, verdoso y de aspecto turbio, que constituye masas irregulares de hasta 150 mm; en estos casos es común su asociación con escamas de sericita de unos 30 mm (figura 1f). Además participa en el relleno de espacios abiertos como vetillas y cavidades irregulares, donde la turmalina de color verde claro se dispone como cristales aciculares aislados o en agregados de disposición fibro-radial (figura 1g), normalmente en un agregado de cuarzo de grano fino (50-100 mm). De acuerdo al difractograma de rayos X (figura 1h) la especie del grupo de la turmalina es dravita [NaMg₃Al₆(BO₃)₃Si₆O₁₈(OH)₄]. Como relleno también participa cuarzo microcristalino (< 10 mm) originado por recristalización de calcedonia, que ocupa principalmente las porciones centrales de las cavidades y fisuras.

Muestreos en superficie previos a este trabajo, tanto de afloramientos como de regolito, determinaron valores de oro de varios cientos de ppb junto a fuertes anomalías de arsénico y antimonio (S.J.M. S.A., 2007; información confidencial). Además, excepcionalmente se observaron granos aislados de oro nativo de 1-2 milímetros.

Interpretación. De acuerdo a Jébrak (1997) las brechas hidrotermales constituyen una subcla-

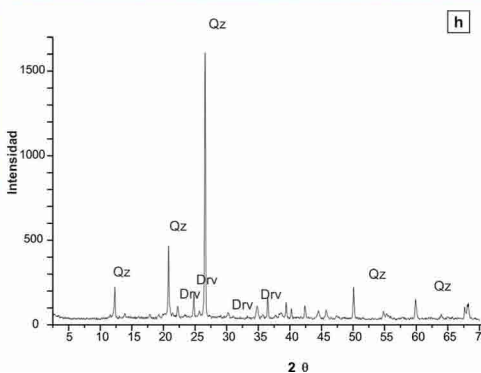
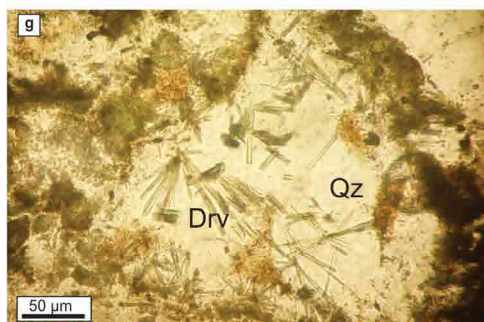
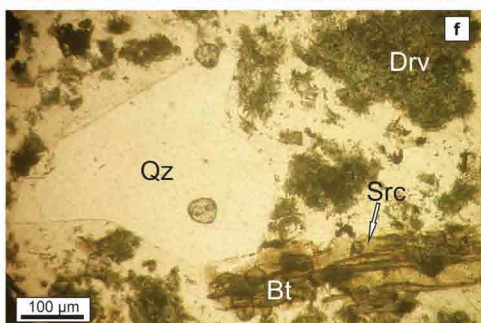
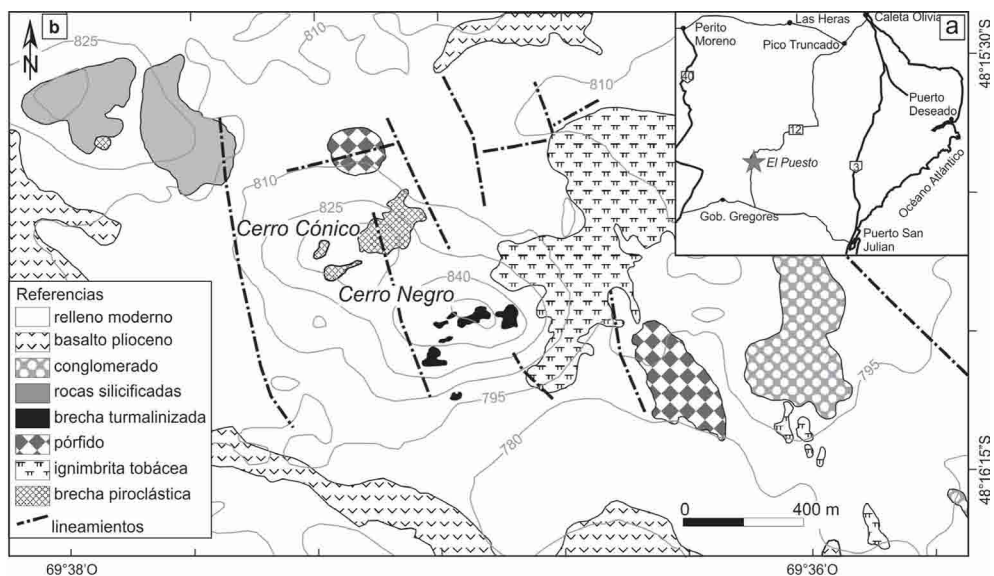


Figura 1 (página anterior). a) Ubicación del proyecto El Puesto en el Macizo del Deseado, Santa Cruz. b) Mapa geológico del área. c) Afloramientos de la brecha turmalinizada de cerro Negro. d) Brecha polimíctica con textura matriz-sostén con ajuste tipo caótica. e) Contacto entre brecha polimíctica y brecha monomíctica (a la derecha) con textura clasto sostén con un ajuste de tipo en grietas («crackle»); las flechas blancas señalan las guías turmalinizadas generadas por el agrietamiento. f) Fotomicrografía de fragmento de brecha polimíctica turmalinizado donde se observa cristal de biotita parcialmente reemplazado (Bt) por dravita (Drv) y sericita (Src), agregados de dravita en la matriz (Drv) y cristaloclasto de cuarzo (Qz). g) Fotomicrografía de cavidades irregulares rellena por cuarzo (Qz) y por cristales aislados o agregados fibro-radiados de dravita (Drv). h) Difractograma de rayos X que muestra que se trata de una turmalina de la especie dravita (drv) acompañada por cuarzo (Qz).

se de la familia de las brechas en la cual la roca brechada interactúa con soluciones hidrotermales. La participación de fluidos hidrotermales en la formación de la brecha turmalinizada del cerro Negro queda demostrada por el moderado a abundante cemento de ese origen y permite clasificarlas como una brecha hidrotermal en sentido amplio (Sillitoe, 1985; Davies *et al.* 2008).

La estructura interna caótica de la variedad polimíctica indicaría un ambiente relacionado a fenómenos explosivos con dilatación repentina, transporte y rotación de los fragmentos; como consecuencia de esto último participan abundantes clastos subredondeados producto de la abrasión, que generó además las partículas pequeñas que conforman la matriz. Esta brecha pasa en forma neta, ocasionalmente transicional, a la variedad monomíctica en grietas y en mosaico; este tipo de ajuste de los fragmentos (tipo «rompecabezas») evidencia el aumento de volumen con escaso a nulo transporte y movimiento de los fragmentos, que puede ser asignado a un fracturamiento hidráulico. Los mecanismos de formación planteados, son consistentes con la propuesta de origen múltiple de las brechas hidrotermales (Sillitoe, 1985). Los fluidos hidrotermales más tempranos produjeron un fuerte reemplazo por turmalina y sericita tanto en fragmentos como en la matriz y precipitaron turmalina + cuarzo como relleno de cavidades irregulares y fisuras; la disminución de la proporción de turmalina en las porciones centrales de esas cavidades, permite interpretar un cambio de los fluidos en la etapa tardía. La fuente más probable de los fluidos ricos en boro habrían sido intrusivos poco profundos con exsolución de volátiles en su porciones apicales, que generaron una sobrepresión que pudo ser responsable de la actividad explosiva. Los pórfidos riolíticos aflorantes en las inmediaciones del cerro Negro, no presentan indicios de alteración turmalínica, por lo que esta alteración se relacionaría a intrusivos no aflorantes.

Hasta el momento no ha sido posible establecer la relación entre la turmalinización y la mineralización aurífera, pero asumiendo procesos similares a los que formaron el depósito de Sary Gunay (Richards *et al.* 2006), se interpreta que la brecha del cerro Negro fue una litología favorable para la circulación de fluidos tardíos ricos en oro. Estos

fluidos, de menor temperatura que aquellos en equilibrio con la turmalina, serían responsables de la precipitación de la calcedonia y la alteración argílica y de cuarzo-adularia registrada en las inmediaciones del cerro Negro. La signatura geoquímica asociada al oro con fuertes anomalías en As y Sb es también una evidencia de un ambiente somero de baja temperatura (Hedenquist y Henley 1985).

Conclusión. El cerro Negro está conformado por una brecha con fuerte turmalinización (alteración cuarzo-turmalínica). En mayor proporción participa una variedad polimíctica matriz sostén con fragmentos subredondeados y estructura caótica, formada por mecanismos de transporte con rotación de fragmentos conducidos por fluidos hidrotermales. La variedad monomíctica asociada, fue originada por fracturamiento hidráulico provocado por fluidos hidrotermales a alta presión, que generaron los ajustes en grieta y en mosaico.

Los fluidos magmáticos ricos en boro responsables de la alteración turmalínica estarían asociados a intrusivos no aflorantes, ya que los pórfidos reconocidos en las inmediaciones del cerro Negro, no presentan indicios de esta alteración.

Los valores anormales de oro que se registran en la brecha turmalinizada, indican un tipo de mineralización que no había sido identificada previamente en los depósitos epitermales del Macizo del Deseado; además son escasas las menciones de la asociación oro-turmalina en yacimientos de este tipo a nivel mundial (Richards *et al.* 2006).

Agradecimientos. A la empresa S.J.M. S.A., por haber permitido la publicación de los resultados de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Baksheev, I. A., Plotinskaya, O.Y., Yapaskurta, V.O., Vigasina, M.F., Bryzgalov, I.A., Groznova, E.O., y Marushchenko, L.I. 2012. Tourmaline from deposits of the Birgil'da-Tomino ore cluster, South Urals. *Geology of Ore Deposits* 54 (2): 458-473.
- Davies, A.G.S., Cooke, D.R., Gemmell, J.B., van Leeuwen, T., Cesare, P. y Hartshorn, G. 2008. Hydrothermal breccias and veins at the

- Kelian Gold Mine, Kalimantan, Indonesia: Genesis of a large epithermal gold deposit. *Economic Geology* 103 (4): 717-757.
- Dill, H.G., Garrido M.M., Melcher, F., Gomez, M.C. y Luna, L.I. 2012. Depth-related variation of tourmaline in the breccia pipe of the San Jorge porphyry copper deposit, Mendoza, Argentina. *Ore Geology Reviews* 48: 271-277.
- Dini, A., Mazzarini, F., Musumeci, G. y Rocchi, S. 2008. Multiple hydro-fracturing by boron-rich fluids in the Late Miocene contact aureole of eastern Elba Island (Tuscany, Italy). *Terra Nova* 20 (4): 318-326.
- Echeveste, H., Rodríguez, M.E. y López, L. 2010. Caracterización de la alteración hidrotermal del yacimiento epitermal (Ag-Au) Manantial Espejo, Macizo del Deseado, Santa Cruz, Argentina. 10º Congreso de Mineralogía y Metalogenia, 2010:179-186. Río Cuarto, Córdoba.
- Frikken, P.H., Cooke, D.R., Walshe, J.L., Archibald, D., Skarmeta, J., Serrano, L. y Vargas, R. 2005. Mineralogical and Isotopic Zonation in the Sur-Sur Tourmaline Breccia, Río Blanco-Los Bronces Cu-Mo Deposit, Chile: Implications for Ore Genesis. *Economic Geology* 100 (5): 935-961.
- Jébrak, M. 1997. Hydrothermal breccias in vein-type ore deposits: A review of mechanisms, morphology and size distribution. *Ore Geology Reviews* 12: 111-134.
- Juliani, C., Rye, R.O., Nunes, C.M.D., Snee, L.W., Correia Silva, R.H., Monteiro, L.V.S., Bettencourt, J.S., Neumann, R., y Alcover Neto, A. 2005. Paleoproterozoic high-sulfidation mineralization in the Tapajó's gold province, Amazonian Craton, Brazil: geology, mineralogy, alunite argon age, and stable-isotope constraints. *Chemical Geology* 215: 95-125.
- Hedenquist J.W. y Henley R.W. 1985. Hydrothermal Eruptions in the Waiotapu Geothermal System, New Zealand: their origin, associated breccias, and relation to precious metal mineralization. *Economic Geology* 80 (6): 1640-1668.
- Landtwing, M.R., Dillenbeck, E.D., Leake, M.H. y Heinrich, C.A. 2002. Evolution of the Breccia-Hosted Porphyry Cu-Mo-Au Deposit at Agua Rica, Argentina: Progressive Unroofing of a Magmatic Hydrothermal System. *Economic Geology* 97 (6): 1273-1292.
- Le Fort, D., Hanley, J., y Guillong, M. 2011. Subepithermal Au-Pd Mineralization Associated with an Alkaline Porphyry Cu-Au Deposit, Mount Milligan, Quesnel Terrane, British Columbia, Canada. *Economic Geology* 106 (5): 781-808.
- Mort, K. y Woodcock, N.H., 2008. Quantifying fault breccia geometry: Dent Fault, NW England. *Journal of Structural Geology* 30 (6): 701-709.
- Panza, J.L., Marín, G. y Zubia, M. 1997. Hoja Geológica 4969-1 Gobernador Gregores. Provincia de Santa Cruz. Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín 239, 96 p. Buenos Aires.
- Pérez, D., Bianchi C. y Ortiz, L. 2007. Alto Rico "un prospecto aurífero de baja sulfuración en el Macizo del Deseado", provincia de Santa Cruz. Publicación Especial N°1 de la Asociación Argentina de Geólogos Economistas. Mutti, D.I. (Ed.), 97-108.
- Richards, J.P., Wilkinson, D. y Ulrich, T. 2006. Geology of the Sari Gunay Epithermal Gold Deposit, Northwest Iran. *Economic Geology* 101 (8): 1455-1496.
- Sillitoe, R.H. 1985. Ore-Related breccias in volcano-plutonic arcs. *Economic Geology*, 80 (6): 1467-1514.
- Sillitoe, R.H., 2010. Porphyry Copper Systems. *Economic Geology* 105 (1): 3-41.
- S.J.M. S.A. 2007, Informe El Puesto 2, (inédito) 50 p.
- Yang, F.Mao, J., Bierlein, F.P., Pirajno, F., Zhao, C., Ye, H. y Liu, F. 2009. A review of the geological characteristics and geodynamic mechanisms of Late Paleozoic epithermal gold deposits in North Xinjiang, China. *Ore Geology Reviews* 35 (2): 217-234.